

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

NSF



REC'D 13 AUG 2004	
WIPO	PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 29 915.7

Anmeldetag: 02. Juli 2003

Anmelder/Inhaber: Manfred Holtkamp Elektronik GmbH,
49084 Osnabrück/DE

Bezeichnung: Vorrichtungen und Verfahren für die Bestimmung
einer zulässigen Bestrahlung der menschlichen Haut
mit UV-Strahlung

IPC: A 01 N, G 01 J, G 01 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 22. Juli 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Letang

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

A 916
06/00
EDV-L

BEST AVAILABLE COPY

Manfred Holtkamp Elektronik GmbH, 49084 Osnabrück

5

Vorrichtungen und Verfahren für die Bestimmung einer
zulässigen Bestrahlung der menschlichen Haut mit UV-Strahlung

10 **Beschreibung:**

Die Erfindung betrifft Messvorrichtungen und ein Verfahren
für die Bestimmung der zulässigen Bestrahlungszeit und/oder
Bestrahlungsdosis der menschlichen Haut mit UV-Strahlung,
15 insbesondere im Hinblick auf die Nutzung von Sonnenbänken in
Sonnenstudios, aber auch für die Vorbereitung bspw. eines
Urlaubs in einem Hochgebirge, in südlich gelegenen Ländern
und dergleichen mehr.

20 Viele Menschen sind sich nicht bewusst, dass die Haut bereits
an einem verlängerten Wochenende oder an einem einzigen Tag
übertriebener Sonnenexposition oft schwerwiegende,
irreversible Schädigungen erleiden kann. Insbesondere sind
Personen mit winterblasser Haut auch im mitteleuropäischen
Sommer in einem hohen Maß gefährdet.

Um einer Schädigung der Haut bspw. in Form eines
Sonnenbrandes vorzubeugen, wird vielfach empfohlen, vor einem
Urlaub oder einer Reise ein Sonnenstudio aufzusuchen und die
30 Haut durch Bestrahlung auf einer Sonnenbank mit insbesondere
einem Licht mit einem hohen UV-Strahlungsanteil an eine
derartige Bestrahlung zu gewöhnen, wobei die Haut durch
Bräunung einen natürlichen Schutz vor der UV-Strahlung
entwickelt.

Neben dieser Schutzfunktion empfinden viele Menschen eine Bräunung auch als ästhetisch, weshalb sie auch ohne zwingenden Grund Sonnenstudios aufsuchen.

5 Bei der für die Bräunung verantwortlichen UV-Strahlung der Sonne oder einer Sonnenbank wird üblicherweise eine UV-A-Strahlung einer Wellenlänge von 315(320)-340 nm, eine UV-B-Strahlung einer Wellenlänge von 280-350 nm sowie einer UV-C-Strahlung einer Wellenlänge von 100-280 nm
10 unterschieden.

Die UV-A-Strahlung dunkelt in der Haut vorhandene, ungefärbte Melaninvorstufen, Dopamine, regt die Reparatur ultraviolett induzierter Nukleinsäureschäden an, Leight-Repair, und leitet
15 die Lichterholung ein, Photorecovery. Andererseits werden jedoch die biologischen Schadeffekte der UV-B-Strahlung intensiviert.

Die UV-A-Strahlung, die vielfach auch in eine UV-A1-Strahlung
20 einer Wellenlänge zwischen 340 nm und 400 nm und einer UV-A2-Strahlung einer Wellenlänge zwischen 315 nm und 340 nm unterschieden wird, ist für die chronische Schädigung des Hautbindegewebes verantwortlich, bspw. einer Elastose oder sog. Altershaut mit erhöhter Faltenbildung. Darüber hinaus
25 führt UV-A-Strahlung aufgrund von Wechselwirkungen mit krankhaften Stoffwechselprodukten und bestimmten Pharmaka zu Photodermatosen und fotodynamischen Reaktionen.

Der kurzwellige Anteil der UV-A2-Strahlung trägt zu den
30 akuten und zu den chronischen Schadwirkungen bei. Der längerwellige Anteil der UV-A1-Strahlung verursacht hingegen kaum Schädigungen der Nukleinsäure oder des Hautbindegewebes. Bei einer kosmetischen Bräunung sollte von daher nicht nur UV-B-Strahlung in äußerst wohldosierter Form verabreicht
35 werden, sondern es sollte auch eine Kennzeichnung des

UV-A2-Strahlungsanteils erfolgen, um auf die Gefährlichkeit eines Strahlers hinzuweisen.

Die UV-B-Strahlung verursacht den Sonnenbrand, fördert die
5 Pigmentbindung und führt zur Ausbildung einer Lichtschwiele,
ein natürlicher Abwehrmechanismus der Haut gegenüber einer
UV-Bestrahlung. UV-B-Strahlung in unkontrollierter und
übererhöhter Dosis führt jedoch weiter zu chronischen
10 Lichtschäden der Oberhaut bis hin zu Sonnenkarzinomen. Damit
ist aus dermatologischer und erscheinungsmedizinischer Sicht
die mittelwellige Ultraviolett-Strahlung UV-B aus den
verschiedenen Gründen problematisch.

Erstens führt sie zu einem Sonnenbrand, wenn die
15 Erythemschwelle, die Schwelle für die Auslösung einer Rötung
der Haut, überschritten wird. Weiter führen wiederholte
Überlastungen der Haut mit UV-B-Strahlung auch ohne
Sonnenbrand zu chronischen Lichtschäden wie einer
Frühalterung der Haut, Präkanzerosen oder gar Hautkrebs.
20 Bereits bei Erreichen von 60% der Erythemschwelle ist der
chronische Lichtschaden sicher. Die geringste UV-B-Dosis, die
grade noch zu einer Rötung, der Erythemschwelle, führt, ist
individuell verschieden. So ist neben einer starken
Abhängigkeit vom Pigmentierungstyp auch der Grad der
25 aufgebauten Lichtschwiele, der natürlichen Abwehr der Haut
gegenüber der UV-Strahlung, ausschlaggebend.

Diese Individualität begründet die Schwierigkeiten, die
maximale Strahlendosis und/oder die maximale
30 Bestrahlungsdauer eines Probanden zu ermitteln, bei denen
negative gesundheitliche Folgen sicher ausgeschlossen werden
können. Für die Festlegung dieser Maximalwerte stehen
ausschließlich phänomenologische Kriterien zur Verfügung, die
sogenannte Fototypenbestimmung, bei der aufgrund einer
35 visuelle Beurteilung des Probanden nach der Farbe der Augen,

der Haare, der Anzahl der Sommersprossen, der Farbe des natürlichen Teints und der Brustwarzen sowie der Hautreaktion in der Sonne eine Klassifizierung in vier, manchmal in fünf Fototypen erfolgt, welche Klassifizierung dann als ein Maß einer zulässigen Obergrenze einer Schwellenbestrahlung herangezogen wird. So wird bspw. für die Bestimmung der Höchstbestrahlungsdauer die erythemwirksame Schwellenbestrahlung von 250 J/m^2 für den Fototyp II, 350 J/m^2 für den Fototyp III und 450 J/m^2 für den Fototyp IV weitgehend willkürlich festgelegt. Neben einer nicht verifizierbaren Klassifizierung in lediglich vier oder fünf Phototypen bleibt darüber hinaus die Berücksichtigung der natürlichen, individuellen Lichtschwiele völlig außer acht.

Neben dieser im Wesentlichen willkürlichen Einteilung der Probanden in Phototypen und einer daraus resultierenden Empfehlung für die max. UV-Strahlendosis und die max. Bestrahlungslänge sind die physikalischen Eigenschaften des UV-Strahlers, unabhängig davon, ob dies die Sonne oder eine Sonnenbank oder dergleichen ist, von entscheidender Bedeutung für die Festlegung eines Maßes für die maximale Bestrahlungsdauer oder eine Schwellendosis. So ist die natürliche UV-Strahlung abhängig vom Ort, von der Tageszeit, von der Bewölkung und dergleichen mehr.

Basierend auf der Einteilung in Fototypen sind zulässige Strahlendosen von UV-Bestrahlungsgeräten lediglich durch Richtlinien bspw. der FDA (Food and Drug Administration) in den USA oder der EU-Kommission in Europa festgelegt. Für die künstlichen UV-Strahler wird durch die Strahlenschutz-Kommission bspw. in Deutschland weiter vorgeschrieben, dass von Fachpersonal betriebene und beaufsichtigte Geräte in ihrer Wirkungsebene eine erythemwirksame Bestrahlungsstärke E_{er} von $0,3 \text{ W/m}^2$ entsprechend einem Sonnenerythemfaktor von 1 nicht

überschreiten dürfen. Ebenso darf die gesamte Bestrahlungsstärke von 1200 W/m^2 in der Wirkungsebene nicht überschritten werden.

- 5 Abhängig von dieser Norm ergibt sich dann bspw. eine maximale Bestrahlungsdauer von 8,33 Minuten für einen Probanden des Phototyps II aus der Division der erythemwirksamen Schwellenbestrahlung von 250 J/m^2 und der max. Bestrahlungsstärke E_{er} von $0,3 \text{ W/m}^2$.

10

Eine exakte Bestimmung von Zeit und Intensität einer UV-Bestrahlung bei einer ausgebildeten Lichtschwiele, aufgetragenen Sonnenschutzmitteln, Kosmetika oder dergleichen ist praktisch jedoch nicht möglich.

15

Durch diese im wesentlichen empirischen Vorgaben wird weiter in keiner Weise der Änderung insbesondere künstlicher UV-Strahler Rechnung getragen, bspw. einer Alterung oder dem Austausch von Röhren, den Temperaturschwankungen,

20

hervorgerufen durch die gesamte Bestrahlungszeit einer Sonnenbank, und dergleichen mehr. Darüber hinaus ändert sich auch bei der sachgemäße Nutzung und der Reinigung von Sonnenbänken oder dergleichen bspw. das Reflektionsverhalten wie auch die UV-Emission durch Aushärtung von bspw.

25

Acrylabdeckscheiben, so dass kaum davon ausgegangen werden kann, dass die Herstellerangaben betreffend das Spektrum und die Strahlungsleistung bspw. einer Sonnenbank auch zutreffend sind.

30

Der Stand der Technik für die Bestimmung der Photosensibilität der Haut beschränkt sich auf Vorrichtungen zur Farbestimmung, die unter Bezeichnungen wie Cromameter oder Mexameter bekannt sind. Diese Vorrichtungen verwenden optisch sichtbare Strahlungen, bspw. weißes RGB-Licht oder

35

spektral untergliederte Strahlungen im roten, grünen, gelben

oder blauen Spektralbereich. Da in diesen Wellenbereichen jedoch der Streukoeffizient μ_s größer als der Absorptionskoeffizient μ_a der Haut ist, vergleiche Fig. 3, kann lediglich eine direkte Reflektion an der Haut vermessen werden, da das Maß der oberflächlich reflektierte Strahlung stets höher ist als das der absorbierten. Von daher sind solche Geräte nicht geeignet, Hinweise auf eine Beschränkung einer UV-Strahlendosis oder der Bestrahlungszeit für einen Probanden zu geben.

10

Vor diesem technischen Hintergrund macht die Erfindung es sich zur Aufgabe, Vorrichtungen und Verfahren zur Verfügung zu stellen, die verifizierbare und reproduzierbare Aussagen hinsichtlich der maximalen Strahlendosis und/oder der maximalen Bestrahlungszeit eines Probanden mit einem UV-Strahler erlauben.

15

20

Solches vermag eine Vorrichtung für die Bestimmung der zulässigen Bestrahlungszeit und/oder Bestrahlungsdosis der menschlichen Haut mit UV-Strahlung zu leisten, die einen UV-Strahler für die Abgabe einer UV-Strahlung, einen UV-Sensor für die Aufnahme der in und/oder an der Haut remittierten UV-Strahlung und eine Auswertevorrichtung für die Bestimmung der Strahlungsabsorption aufweist.

25

30

Hierzu ist der UV-Strahler derart ausgebildet, dass er bevorzugt lokal die menschliche Haut bestrahlt, bspw. ausgebildet durch eine eine UV-Strahlung abgebende Diode. Alternativ kann die UV-Strahlung bspw. einer Sonnenbank herangezogen werden, wenn über bspw. einen Lichtwellenleiter, ggfls. mit geeigneten Filtervorrichtungen, Strahlung an die Haut eines Probanden geleitet wird.

35

Die in die Haut eingedrungene, dort gestreute und danach remittierte UV-Strahlung wird von dem UV-Sensor empfangen und

es kann von einer Auswertevorrichtung dann die Strahlungsabsorption ermittelt werden. Bezeichnenderweise erfolgt die Absorbierung der aufgetragenen UV-Strahlung in der Haut genau an der Stelle bzw. in den Hautschichten, die für eine natürliche Ausbildung einer Lichtschwiele wesentlich sind, wodurch insbesondere die Dichte bzw. die Dicke der Schicht der Melaningranula und die der Schicht der von Keratinozythen aufgenommenen Melanosomen bestimmbar wird.

10 Entsprechende dem Remissionsgrad, bspw. angesetzt zwischen 0% und 100%, kann dieser Skalierung ein Raster der zulässigen Schwellendosis hinterlegt und exakt eine Schwellendosis entsprechend einer jeden Messung durch die reproduzierbar zugeordnet werden.

15 Im Vergleich zu der bisherigen Einteilung in lediglich vier oder fünf Phototypen durch eine Inaugenscheinnahme durch ein lediglich angelerntes Bedienpersonal erlaubt die Vorrichtung nach der Erfindung eine sehr viel feinere Auflösung, bspw. 20 zwischen 1 und 10000, und ist das Messergebnis insbesondere reproduzierbar und unabhängig von subjektiven Einschätzungen. Darüber hinaus erfolgt die Herleitung der Schwellendosis in Anlehnung an die Quantität der verfügbaren Melaningranula bzw. Melanosomen und kann damit deutlich unter einer 25 Erythembildung gehalten werden.

Für eine ausreichende Qualität der Messung und der Bestimmung der Strahlungsabsorption durch eine Auswertevorrichtung hat es sich als zweckmäßig erwiesen, wenn der UV-Strahler eine UV-Strahlung abgibt, bei der ein Absorptionskoeffizient μ_a größer ist als ein Streukoeffizient μ_s .

Hierzu wird weiter vorgesehen sein, dass der UV-Strahler eine UV-Strahlung einer Wellenlänge kleiner als der Durchmesser eines Zellkerns abstrahlt. Infolge dessen erfolgt eine

radiale Streuung, eine Rayleigh-Streuung im Zellgewebe an bspw. Kollagenfibrillen, Supramolekülen oder der Zellmembran, womit eine exakte Dicke und Dichte einer Zellschicht wie die der Melaningranula aus der Remission herleitbar ist.

5

Infolge dieser Maßnahme erfolgt eine exakte Bestimmung der Absorption an einer Lichtschwiele, da bei größeren Wellenlängen, entsprechend den bekannten Vorrichtungen, im sichtbaren Bereich des Lichtes eine vorwärts bzw. vorwärts und rückwärts ausgerichtete Streuung an Mie-Streuern auftritt, bspw. an Zellkernen, Mitochondrien oder Organellen, wodurch eine Ermittlung einer Lichtschwiele äußerst problematisch ist, da schon durch die Beschaffenheit der Hautoberfläche selbst, applizierte Kosmetika, Durchblutungsschwankungen und dergleichen mehr zu erheblichen Abweichungen der Messergebnisse untereinander führen.

10

15

20

25

Geeignete UV-Strahler sind bevorzugt solche, die eine UV-Strahlung einer Wellenlänge von 345 nm bis 355 nm ausstrahlen, insbesondere von 350 nm. Bei dem letztgenannten Wert beträgt der Absorptionskoeffizient μ_a 12,3 cm⁻¹ und der Streukoeffizient μ_s 12,5 cm⁻¹, womit diese Koeffizienten nahe zu gleich sind, aber die Absorption geringfügig noch überwiegt. Dazu darf bereits hier auf die Fig. 1 verwiesen werden.

30

Zweckemäßigerweise kann vorgesehen sein, dass der UV-Strahler und/oder der UV-Sensor in einem Gehäuse eines Hand-Messgerätes angeordnet sind. Bevorzugt wird hierbei eine Anordnung sowohl des UV-Strahlers als auch des UV-Sensors in einem gemeinsamen Gehäuse, womit ein von einer weiteren Strahlungsquelle unabhängiges Messgerät zur Verfügung gestellt wird.

In konstruktiver Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass das Gehäuse eine Auflagefläche für das Auflegen auf die Haut eines Probanden aufweist und dass der UV-Strahler und der UV-Sensor unter einem Winkel zu einander angeordnet sind derart, dass eine Reflektion eines Strahls auf den optischen Achsen des UV-Strahlers und des UV-Sensors in einer Eindringtiefe von bis zu 1 mm unterhalb der Auflagefläche erfolgt. Infolge dieser Maßnahme wird eine Remission der UV-Bestrahlung von dem UV-Sensor wieder aufgenommen, die die Ausbildung einer Lichtschwiele in den entscheidenden Hautschichten wieder spiegelt, insbesondere die, in denen Melanine gebildet werden bzw. die, die Vorstufe Dopamine enthalten, die der Melaningranula und die der oxidierten Melanine.

Für Sonnenstudios oder dergleichen ist eine derartige, festgelegte Eindringtiefe völlig ausreichend, insbesondere auch dann, wenn ein Mittelwert aus mehreren Messungen gebildet wird. Bei speziellen Anwendungen, bspw. bei der Lichttherapie, kann in konstruktiver Ausgestaltung jedoch auch vorgesehen sein, dass die Eindringtiefe einstellbar ist. Es können dann individuell an einem vorgegebenen Ort in äußerst exakter Weise die genannten drei Schichten der Haut jeweils gesondert vermessen und das jeweilige Absorptionsvermögen ermittelt werden.

In konstruktiver Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die optischen Achsen des UV-Strahlers und des UV-Sensors einen Winkel α zwischen 70° und 110° aufspannen, wobei durch ein Einstellen des Winkels α eine Variation der Eindringtiefe erfolgen kann. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die Höhe und/oder der Abstand des UV-Strahlers und des UV-Sensors über der Auflagefläche für eine Variation der Eindringtiefe einstellbar ist.

Da die Ausbildung einer Lichtschwiele über die Gesamtfläche der Haut nicht gleichmäßig erfolgt, bspw. in der regelmäßig der Sonnenbestrahlung ausgesetzten Bereichen der Haut deutlich anders ist als in den Bereichen, die zumeist von Kleidungsstücken überdeckt sind, hat es sich als zweckmäßig erwiesen, wenn aus mehreren Messungen, bspw. drei Messungen, ein Mittelwert gebildet wird, wozu zweckmäßigerweise die Vorrichtung eine Rechneinheit aufweist. Diese kann dann weiter einer Messung und/oder wird bevorzugt dem Mittelwert aus mehreren Messungen eine Schwellendosis zuordnen.

Um auch dem Unsicherheitsfaktor UV-Strahler gerecht zu werden, kann weiter vorgesehen sein, dass in einem elektronischen Speicher der Anteil der erythemwirksamen UV-Strahlungsstärke einer Strahlungsquelle abgespeichert ist und dass die Rechneinheit die maximale Bestrahlungszeit berechnet. Solche Daten der erythemwirksamen UV-Strahlungsstärke können durch eine spektrale Vermessung der Strahlungsquelle durch deren Hersteller bspw. zur Verfügung gestellt werden.

In weiterer konstruktiver Ausgestaltung ist ein Interface vorgesehen, über das individuelle Daten eines Probanden abgespeichert und aufgerufen werden können. Ein solches Interface kann eine Chipkarten-Schreibe- und/oder Lesevorrichtung sein, auf welcher Karte dann die individuelle maximale Bestrahlungszeit bspw. abgespeichert sein kann, welche dann wiederum von einer Steuereinheit einer Strahlungsquelle ausgelesen werden kann, die dann automatisch auf die richtige, maximale Bestrahlungszeit einstellt wird. Alternativ ist ein solches Interface als USB- oder als RS-232-Schnittstelle auslegbar, so dass unmittelbar oder über einen Zentralrechner über entsprechende Kabelanschlüsse eine Strahlungsquelle auch angesteuert werden kann.

Sollen die physikalische Änderungen der UV-Strahlungsquelle auch berücksichtigt werden oder bspw. bei einer Sonnenbank unterschiedliche Verteilungen von UV-Strahlung über die Länge derselben, ist eine Vorrichtung zweckmäßig, insbesondere in einer Kombination mit den voran stehend beschriebenen Merkmalen, bei der ein Gehäuse zwei Paare von UV-Aufnehmern aufweist, wobei bei jedem Paar die UV-Aufnehmer entgegengesetzt orientiert sind und die beiden Paare um 90° gegeneinander verdreht angeordnet sind. Infolge dieser Maßnahme ist die UV-Strahlung in dem Bräunungstunnel bspw. einer Sonnenbank von allen Seiten über einen Kreisbogen von 360° vermessbar. Durchgeführt durch den Bräunungstunnel einer Sonnenbank kann die UV-Strahlung weiter lokal vermessen werden, so dass bspw. im Kopf-, im Nacken- und im Beinbereich unterschiedliche Strahlungsdosen bzw. Bestrahlungszeiten in Verbindung mit den entsprechenden Hautmessungen problemlos berücksichtigt werden können.

In konstruktiver Ausgestaltung kann vorgesehen sein, die UV-Aufnehmer unmittelbar als UV-Sensoren auszubilden, bevorzugt wird jedoch, dass die UV-Aufnehmer durch freie Enden von Lichtwellenleitern ausgebildet werden. Zum einen dämpfen Lichtwellenleiter das aufgenommene Spektrum und zum anderen ist es hierdurch möglich, Lichtwellenleiter auf einem gemeinsamen, zweiten UV-Sensor enden zu lassen, insbesondere alle vier Lichtwellenleiter. Eine derartige Gesamt-Vermessung ist völlig ausreichend, insbesondere dann, wenn vorgesehen ist, dass der zweite UV-Sensor eine lineare Kennlinie über das erythemwirksame Spektrum aufweist. Bevorzugt ist auch wieder daran gedacht, einer Referenzwellenlänge von 350 nm vorzusehen, da eine Vielzahl der in Rede stehenden UV-Strahler im Bereich dieser Wellenlänge ein Emissionsmaximum aufweisen. Emissionsmaxima von 360 nm bis 370 nm beeinflussen den Messwert bei 350 nm kaum, da diese Spitzen maximal 20% höher liegen als der Emissionswert bei

350 nm. Dem steht nicht entgegen, mehrere Messbereiche gem. der eingangs angesprochenen Untergliederung des UV-Spektralbereichs vorzusehen.

5 Zweckmäßigerweise entspricht der Abstand eines Paares der UV-Aufnehmer der Höhe eines menschlichen Körpers auf einer Sonnenbank, einem Abstand etwa zwischen 20 cm und 35 cm. Es kann dann in einfacher Weise die Vorrichtung nach der Erfindung für eine oder bevorzugt für mehrere Messungen auf
10 die Auflage einer Sonnenbank aufgesetzt und durch den Bräunungstunnel geschoben werden, wobei ein exakter Abstand zu unteren und oberen Strahlungsquellen gegeben ist.

15 Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die Vorrichtung über eine Abstandsmessvorrichtung verfügt, bspw. auf Ultraschallbasis. Auch infolge dieser Maßnahme wird exakt im Bereich des Auftreffens der UV-Strahlung auf den Körper eines Probanden der UV-Strahler vermessen.

20 Auch kann in weiterer Ausgestaltung ein Temperatursensor vorgesehen sein, so dass auch eine Temperaturkompensation ermöglicht ist.

25 Daten aus der Vermessung bspw. einer Sonnenbank werden zweckmäßigerweise in einer zugeordneten elektronischen Datenbank hinterlegt, womit von der Rechneinheit aus den individuellen Daten des Probanden aus einer Vermessung der Haut und der UV-Strahlungsquelle aus einer Vermessung derselben die individuelle, maximale Bestrahlungszeit
30 berechnet werden kann und über entsprechende Interfaces auch die UV-Bestrahlungsquelle unmittelbar angesteuert werden. Eine Überdosierung einer UV-Bestrahlung ist damit weitestgehend ausgeschlossen.

Entsprechend wird bei einem Verfahren für die Bestimmung der zulässigen Bestrahlungszeit und/oder Bestrahlungsdosis der menschlichen Haut mit UV-Strahlung, vorzugsweise unter Verwendung einer der voran stehend beschriebenen Vorrichtungen, auf eine individuelle Vermessung der Absorption der erythemwirksamen UV-Strahlung in einer Lichtschwiele ausbildenden Schicht der Haut eines Probanden und die Zuordnung eines Schwellenwertes einer UV-Bestrahlung abgestellt. Diese Bestrahlung kann mittels einer direkten UV-Bestrahlung bspw. mittels einer UV-Diode oder auch über einen Lichtwellenleiter erfolgen. Eine Bestrahlungsalternative bietet die Fluoreszenzphotometrie.

Zweckmäßigerweise wird aus mehreren Einzelmessungen von einer Rechneinheit ein Mittelwert gebildet, dem eine Schwellendosis weiter zugeordnet wird.

Bevorzugt erfolgen bspw. drei Einzelmessungen an verschiedenen Orten der Haut, um lokale Unterschiede der Haut zu berücksichtigen.

Es kann auch vorgesehen sein, dass Einzelmessungen in verschiedenen Hauttiefen erfolgen, um die Lichtschwiele in bestimmten Hautschichten zu ermitteln.

Aus dem Schwellenwert und den hinterlegten Daten einer UV-Strahlungsquelle, bspw. einem Datenblatt entnommen, bevorzugt aus einer direkten Vermessung, wird dann von der Rechneinheit noch eine maximale Bestrahlungsdauer ermittelt.

Die Erfindung wird anhand der Zeichnung näher erläutert, in der lediglich schematisch ein Ausführungsbeispiel und Diagramme dargestellt sind. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 in einem Diagramm gestrichelt den Streukoeffizienten μ_s und den Absorptionskoeffizienten μ_a über der in Nanometern angegebenen Wellenlänge,

Fig. 2 ein Diagramm zur Veranschaulichung der Remission,

Fig. 3 eine Vorrichtung nach der Erfindung zur Bestimmung der UV-Absorption der Haut und der Vermessung eines UV-Strahlers und

Fig. 3 im Detail die Anordnung eines UV-Strahlers und eines UV-Sensors der Vorrichtung nach Fig. 3.

Figur 1 zeigt durchgezogen den Absorptionskoeffizienten μ_a der Dimension 1/cm und des Streukoeffizienten μ_s der Dimension 1/cm über der Wellenlänge des Lichtes in Nanometer. Der Absorptionskoeffizient μ_a weist im blauen Bereich bei etwa 400 Nanometer sowie im grünen Bereich bei etwa 550 Nanometer relative Maxima auf.

In dem Wellenlängenbereich von 400 Nanometer ist die Absorption durch das Hämoglobin begründet, mithin in derartig tief liegenden Hautschichten, die keinerlei Aussage über eine Lichtschwiele für den UV-Bereich zulassen. Insbesondere kommt es bei einer Bestrahlung der Haut mit Licht im sichtbaren Bereich zu einer Streuung an Mie-Streuern, die im Wesentlichen vorwärts oder vorwärts und rückwärts ausgerichtet streuen. Dies aufgrund der größeren Wellenlänge des sichtbaren Lichts gegenüber den Abmessungen der absorbierenden Strukturen wie Zellkernen, Mitochondrien oder Organellen. Infolge dessen könnte bekannte Vorrichtungen, die mit sichtbarem Licht arbeiten, lediglich eine Reflektion erfassen. Ein Rückschluss auf die Stärke einer Lichtschwiele ist hierbei nicht möglich, da schon durch die Beschaffenheit

der Hautoberfläche selbst, applizierte Kosmetika
Durchblutungsschwankungen und vieles andere mehr derartige
Messergebnisse erheblich verfälscht werden, was durch große
Tolleranzen und überdimensionierte Messfenster der bekannten
5 Vorrichtungen ausgeglichen wird.

Gemäß der Erfindung ist für die Bestimmung der zulässigen
Bestrahlungszeit und/oder Bestrahlungsdosis eine UV-Strahlung
vorgesehen, die bevorzugt eine Wellenlänge zwischen 345
10 Nanometer bis 355 Nanometer und insbesondere eine Wellenlänge
von 350 Nanometer aufweist. Figur 1 zeigt, dass dort der
Streukoeffizient μ_s mit einem Wert von $12,3 \text{ cm}^{-1}$ dem
Absorptionskoeffizienten μ_a von $12,5 \text{ cm}^{-1}$ weitestgehend
entspricht, auch wenn die Absorption dort überwiegt.

15

Infolge der ausgewählten Wellenlänge kommt es in und/oder an
der Haut zu keiner echten Reflektion, sondern zu einer
Remission. Hierbei wird ein gem. Figur 2 einfallender
Lichtstrahl 1 in die Haut 2 eindringen und wird der
20 Lichtstrahl 1 aufgrund der gewählten Wellenlänge an
Rayleigh-Streuern radial gestreut und, angedeutet durch die
Strahlen 3, teilweise remittiert und teilweise, angedeutet
durch Strahlen 4, absorbiert.

25

Aus der die Remission darstellenden Strahlen 3 lässt sich die
Dichte und/oder die Dicke der Melaningranula und/oder die der
Schicht in Keratinozythen eingelagerten Melanosomen herleiten
und damit eine Aussage über die Wirksamkeit einer
Lichtschwiele treffen und lässt sich darauf basieren wiederum
30 eine Schwellendosis angeben. Diese sollte deutlich unter der
einer Erythembildung liegen, um eine Schädigung sicher
auszuschließen.

35

So kann eine individuelle Vermessung der Absorption der
erythemwirksamen UV-Strahlung in einer Lichtschwiele

ausbildenden Schicht der Haut eines Probanden erfolgen,
welcher Vermessungen dann von einer Rechneinheit ein
Schwellenwert einer UV-Bestrahlung zugeordnet werden kann,
wobei die UV-Bestrahlung unmittelbar oder mittels einer
Fluoreszenzphotometrie erfolgen kann.

Zweckmäßigerweise erfolgt aus mehreren Einzelmessungen an
verschiedenen Orten die Berechnung eines Mittelwerts, so dass
einem Durchschnittswert der Haut ein Schwellenwert zugeordnet
werden kann.

Zur Durchführung des Messverfahrens ist eine Vorrichtung 5
nach Figur 3 vorgesehen, die dort lediglich schematisiert
dargestellt ist. Die Vorrichtung 5 nach Figur 3 weist eine
Messvorrichtung 6 mit einer weiter nicht dargestellten
Auswertevorrichtung für die Bestimmung einer
Strahlungsabsorption auf, die über einen UV-Strahler 7, gemäß
Figur 4 bspw. in Form einer Diode, für die Abgabe einer
UV-Strahlung und einen UV-Sensors 8 für die Aufnahme der in
und/oder an der Haut remittierten UV-Strahlung verfügt. Der
UV-Strahler 7 und der UV-Sensor 8 sind innerhalb eines
gemeinsamen Gehäuses 9 der als Hand-Messgerät ausgelegten
Vorrichtung 5 angeordnet.

Für die Vermessung der Haut weist die Messvorrichtung 6 bzw.
die Vorrichtung 5 eine Auflagefläche 10 auf, die auf die Haut
11 eines Probanden aufgelegt wird, vergleiche Figur 4. Von
daher ist der UV-Strahler 7 und der UV-Sensor 8 gegenüber der
Haut 11 immer korrekt positioniert.

Für den Betrieb bspw. in Sonnenstudios oder dergleichen ist
es ausreichend, wenn die Lichtschwielen ausbildenden
Schichten der Haut in einer Tiefe von etwa 0,5 mm bis 1 mm
vermessen werden, also eine Reflektion eines Strahls auf der
optischen Achse 12 des UV-Strahlers 7 und der optischen Achse

13 des UV-Sensors 8 in einer Eindringtiefe e von bis zu 1 mm unterhalb der Auflagefläche 10 erfolgt.

5 Es kann vorgesehen sein, bspw. bei einer individuellen Vermessung sehr unterschiedlich dicker Hautschichten oder für eine sensible Lichttherapie, unterschiedliche Hautschichten zu vermessen und deshalb die Eindringtiefe unterschiedlich einstellbar zu gestalten, bspw. in dem die Höhe und/oder der Abstand des UV-Strahlers 7 und des UV-Sensors 8 über der Auflagefläche 10 einstellbar ist oder der Winkel α zwischen den optischen Achsen 12,13, der insbesondere Werte von 70° bis 110° aufweist.

15 Bevorzugt wird von einer nicht dargestellten Rechneinheit aus mehreren Messungen an der Haut mittels der Messvorrichtung 6 ein Mittelwert berechnet und diesem eine Schwellendosis zugeordnet. Diese kann mittels eines Displays 14 angezeigt werden.

20 Zweckmäßigerweise ist jedoch in einem nicht dargestellten elektronischen Speicher in der Vorrichtung 5 oder in einem externen Speicher der Anteil der erythemwirksamen UV-Strahlungsstärke einer oder mehrere Strahlungsquellen abgespeichert und kann nach Auswahl der Strahlungsquelle die Rechneinheit die maximale Bestrahlungszeit berechnen und diese auf dem Display 14 anzeigen.

30 Die Vorrichtung 5 weist hierzu weiter drei Interfaces auf, über die zum einen die individuellen Daten eines Probanden und/oder die Daten eines UV-Strahlers extern abgespeichert und wieder aufgerufen werden könnten. Darüberhinaus kann vorgesehen sein, über eins dieser Interfaces eine Strahlungsquelle anzusteuern, gegebenenfalls auch über einen Zentralrechner, und die berechnete maximale Bestrahlungsdauer so vorzugeben.

Da Sonnenstudios vielfach Chip-Kartensysteme für die Abrechnung benutzen, kann ein solches Interface eine hier lediglich durch einen Schlitz nur angedeutete Chipkarten Lese- und Schreibvorrichtung 15 sein.

Von einer Kappe 16 zweckmäßigerweise überdeckt und so vor einer Verunreinigung geschützt sind für einen unmittelbaren Anschluss an einem Computer bspw. eine RS-232-Schnittstelle 17 und/oder eine USB-Schnittstelle 18 noch neben einem Resetschalter 19 noch vorgesehen.

Zweckmäßiger als das Abspeichern von Daten einer Sonnenbank oder dergleichen nach Herstellerangaben ist dieselbe individuell zu vermessen, um Änderungen in der Strahlung bspw. aufgrund von Alterung, Verschmutzung oder dergleichen mehr sicher zu erfassen. Zu diesem Zweck weist die Vorrichtung 5 weiter zwei Paare von UV-Aufnehmern 20-23 noch auf, die durch die freien Enden von Lichtwellenleitern 24-27 ausgebildet werden und die jeweils in hier parallel gegenüberliegenden Gehäusewänden 28-31 des im Wesentlichen rechteckigen Gehäuses 9 derart orientiert sind, dass jeweils ein Paar von UV-Aufnehmern 20,21 bzw. 22,23 entgegengesetzt orientiert sind, wobei die jeweiligen Paare von UV-Aufnehmern 20,21 bzw. 22,23 nochmals um 90° gegeneinander verdreht sind. So kann im Wesentlichen in einer Ebene die Strahlung über einen vollständigen Kreisbogen von 360° vermessen werden.

Da der Abstand der beiden UV-Aufnehmer 20,21 etwa der Höhe eines menschlichen Körpers von ca. 20 cm bis 35 cm auf einer Sonnenbank entspricht, kann in einfacher Weise die Vorrichtung 5 auf einer hierzu als ebener Boden ausgebildeten Gehäusewand 29 nach Abnehmen der Kappe 16 auf der Liegefläche einer Sonnenbank verschoben werden, um bspw. mehrere

Messungen über deren Länge vorzunehmen, wie zum Beispiel im Kopf-, Nacken- oder Beinbereich.

5 Die anfallende UV-Strahlung wird von den UV-Aufnehmern 20-23 aufgenommen und über die Lichtwellenleiter 24-27 einem gemeinsamen, zweiten UV-Sensor 33 zugeführt, so dass ein Mittelwert der Bestrahlungsstärke gebildet wird, wobei daran gedacht sein kann, verschiedene Meßbereiche über das UV-Spektrum vorzusehen.

10

Die vermessene Strahlungsleistung einer Sonnenbank dient dann als Grundlage zur Berechnung der maximalen Bestrahlungszeit, wozu diese Daten geräteintern oder auch extern abgespeichert sein können, die dann über eines der Interfaces 15,17,18
15 aufgerufen werden können.

Es kann ferner einer Abstandsmessvorrichtung 34 noch vorgesehen sein, so dass immer der korrekte Abstand zu einer Strahlungsquelle eingehalten werden kann.

20

Ein Temperatursensor 35 erlaubt auch unterschiedliche Temperaturen, bspw. nach langer oder kurzer Leuchtzeit eines Strahlers, zu berücksichtigen.

Die Stromversorgung der Vorrichtung nach der Erfindung erfolgt bevorzugt über wieder aufladbare Akkumulatoren, für deren Aufladung letztlich ein Steckeranschluß 36 für ein Netzteil noch vorgesehen ist.

Manfred Holtkamp Elektronik GmbH, 49084 Osnabrück

5

Vorrichtungen und Verfahren für die Bestimmung einer
zulässigen Bestrahlung der menschlichen Haut mit UV-Strahlung

10 **Bezugszeichenliste:**

	1. Lichtstrahl		24. Lichtleiter
	2. Haut		25. Lichtleiter
	3. remittierter Lichtstrahl		26. Lichtleiter
15	4. absorbiertes Lichtstrahl		27. Lichtleiter
	5. Vorrichtung	40	28. Gehäusewand
	6. Meßvorrichtung		29. Gehäusewand
	7. UV-Strahler		30. Gehäusewand
	8. UV-Sensor		31. Gehäusewand
20	9. Gehäuse		32.
	10. Auflagefläche	45	33. UV-Sensor
	11. Haut		34. Abstandsmeßvorrichtung
	12. optische Achse		35. Temperatursensor
	13. optische Achse		36. Steckeranschluß
	14. Display		e Eindringtiefe
	15. Chipkarten Lese- und Schreibvorrichtung		
	16. Kappe		
	17. RS-232 Schnittstelle		
30	18. USB-Schnittstelle		
	19. Reset-Schalter		
	20. UV-Aufnehmer		
	21. UV-Aufnehmer		
	22. UV-Aufnehmer		
35	23. UV-Aufnehmer		

Manfred Holtkamp Elektronik GmbH, 49084 Osnabrück

5

Vorrichtungen und Verfahren für die Bestimmung einer
zulässigen Bestrahlung der menschlichen Haut mit UV-Strahlung

10 **Ansprüche:**

1. Vorrichtung für die Bestimmung der zulässigen
Bestrahlungszeit und/oder Bestrahlungsdosis der
menschlichen Haut mit UV-Strahlung, aufweisend einen
UV-Strahler (7) für die Abgabe einer UV-Strahlung, einen
UV-Sensors (8) für die Aufnahme der in und/oder an der
Haut (11) remittierten UV-Strahlung und eine
Auswertevorrichtung für die Bestimmung der
Strahlungsabsorption.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
der UV-Strahler (7) eine UV-Strahlung abgibt, bei der ein
Absorptionskoeffizient μ_s größer ist als ein
Streukoeffizient μ_a .
3. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der UV-Strahler
(7) eine UV-Strahlung einer Wellenlänge kleiner als der
Durchmesser eines Zellkerns abstrahlt.
4. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der UV-Strahler
(7) eine UV-Strahlung einer Wellenlänge von 345 nm bis
355 nm ausstrahlt.

5. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der UV-Strahler (7) und/oder der UV-Sensor (8) in einem Gehäuse (9) eines Hand-Meßgerätes angeordnet sind.

5

6. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (9) eine Auflagefläche (10) für das Auflegen auf die Haut (11) eines Probanden aufweist und dass der UV-Strahler (7) und der UV-Sensor (8) unter einem Winkel (α) zueinander angeordnet sind derart, dass eine Reflexion eines Strahls auf den optischen Achsen (12,13) des UV-Strahlers (7) und des UV-Sensors (8) in einer Eindringtiefe (e) von bis zu 1 mm unterhalb der Auflagefläche (10) erfolgt.

10

15

7. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Eindringtiefe (e) einstellbar ist.

20

8. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die optischen Achsen (12,13) einen Winkel (α) zwischen 70° und 110° aufspannen.

25

9. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel (α) für eine Variation der Eindringtiefe (e) einstellbar ist.

30

10. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe und/oder der Abstand des UV-Strahlers (7) und des UV-Sensors (8) über der Auflagefläche (10) für eine Variation der

Eindringtiefe (e) einstellbar ist.

- 5 11. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass von einer Rechnereinheit aus mehreren Messungen ein Mittelwert gebildet wird.
- 10 12. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rechnereinheit einer Messung und/oder einem Mittelwert aus mehreren Messungen eine Schwellendosis zuordnet.
- 15 13. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Speicher der Anteil der erythemwirksamen UV-Strahlungsstärke einer Strahlungsquelle abgespeichert ist und dass die Rechnereinheit die maximale Bestrahlungszeit berechnet.
- 20 14. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Interface (15,17,18) vorgesehen ist, über das Daten abgespeichert und aufgerufen werden können.
- 30 15. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass über das Interface eine Strahlungsquelle angesteuert wird.
- 35 16. Vorrichtung, insbesondere nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Gehäuse (9) zwei Paare von UV-Aufnehmern (20,21;22,23) aufweist, dass bei jedem Paar die UV-Aufnehmer (20,21;22,23) entgegengesetzt orientiert sind und dass die beiden Paare um 90° gegeneinander verdreht angeordnet sind.

17. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die UV-Aufnehmer (20,21;22,23) von freien Enden von Lichtwellenleitern (24-27) ausgebildet werden..

5

18. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Lichtwellenleiter (24-27) auf einem gemeinsamen zweiten UV-Sensor (33) enden.

10

19. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die vier Lichtwellenleiter (24-27) auf einem gemeinsamen zweiten UV-Sensor (33) enden.

15

20. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite UV-Sensor (33) eine lineare Kennlinie über das erythemwirksame Spektrum aufweist.

20

21. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand eines Paares der UV-Meßaufnehmer (20,21) der Höhe eines menschlichen Körpers auf einer Sonnenbank entspricht.

22. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Abstandsmeßvorrichtung (34) vorgesehen ist.

30 23. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Temperatursensor (35) vorgesehen ist.

35 24. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine zugeordnete

Datenbank zur Abspeicherung der von dem zweiten UV-Sensor (33) gemessenen Daten.

- 5 25. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass von der Rechneinheit aus den individuellen Daten eines Probanden und einer UV-Strahlungsquelle die maximale Bestrahlungszeit berechnet wird.
- 10 26. Verfahren für die Bestimmung der zulässigen Bestrahlungszeit und/oder Bestrahlungsdosis der menschlichen Haut mit UV-Strahlung, insbesondere mit einer Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine
- 15 individuelle Vermessung der Absorption der erythemwirksamen UV-Strahlung in einer eine Lichtschwiele ausbildenden Schicht der Haut eines Probanden und die Zuordnung eines Schwellenwertes einer UV-Bestrahlung.
- 20 27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Vermessung mittels einer direkten UV-Bestrahlung erfolgt.
- 25 28. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Vermessung mittels einer Fluoreszenzphotometrie erfolgt.
- 30 29. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass aus mehreren Einzelmessungen ein Mittelwert gebildet wird.
30. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass die Einzelmessungen an verschiedenen Orten erfolgen.

31. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einzelmessungen in verschiedenen Hauttiefen erfolgen.

5 32. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem Schwellenwert und hinterlegten Daten einer UV-Strahlungsquelle eine maximale Bestrahlungsdauer ermittelt wird.

10

33. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Daten aus einer Vermessung der UV-Strahlungsquelle stammende Ist-Daten sind.

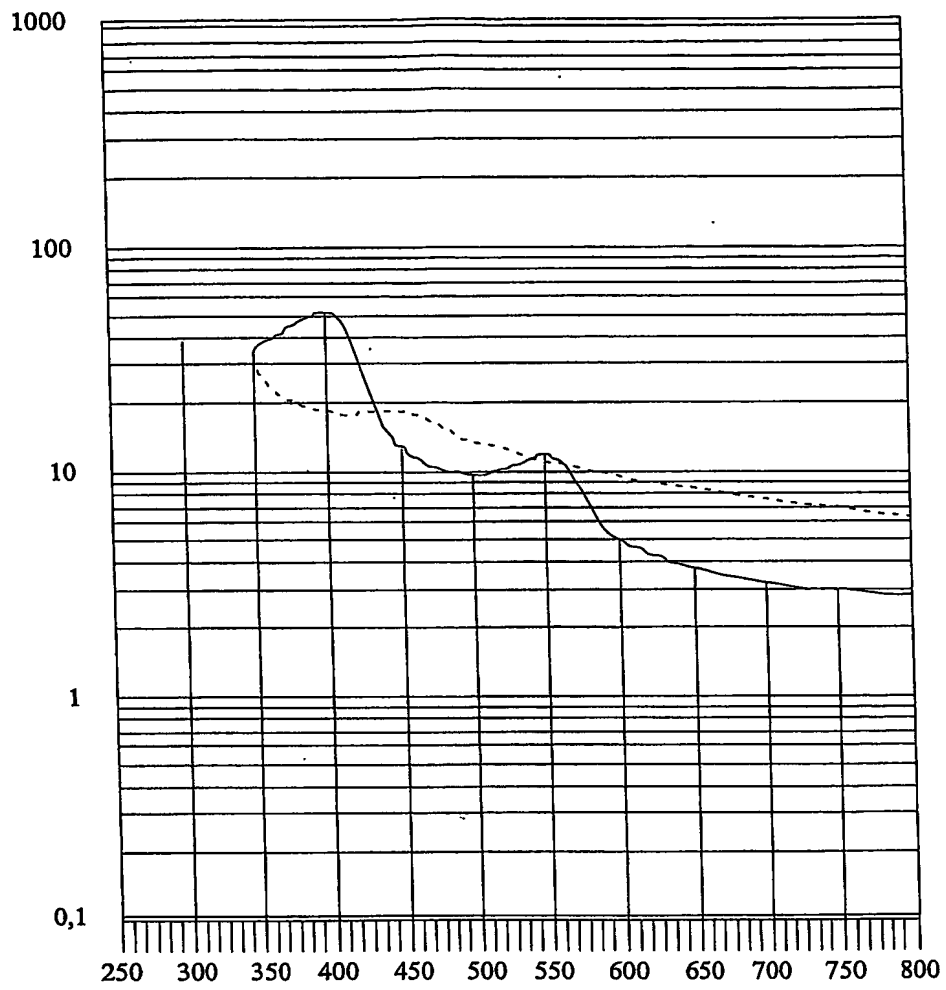


Fig. 1

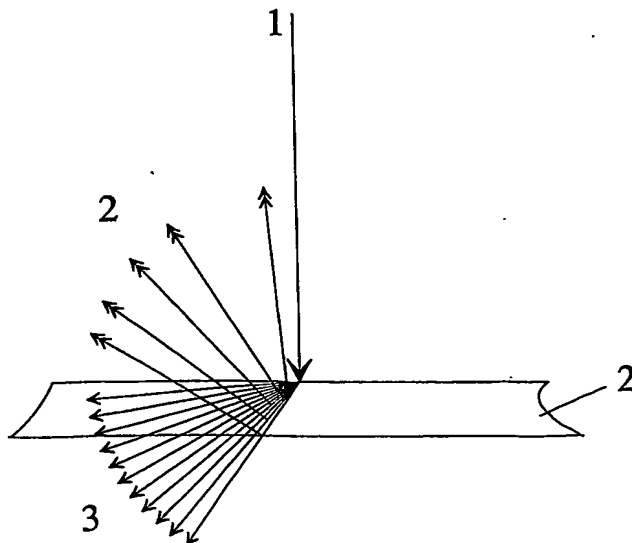


Fig. 2

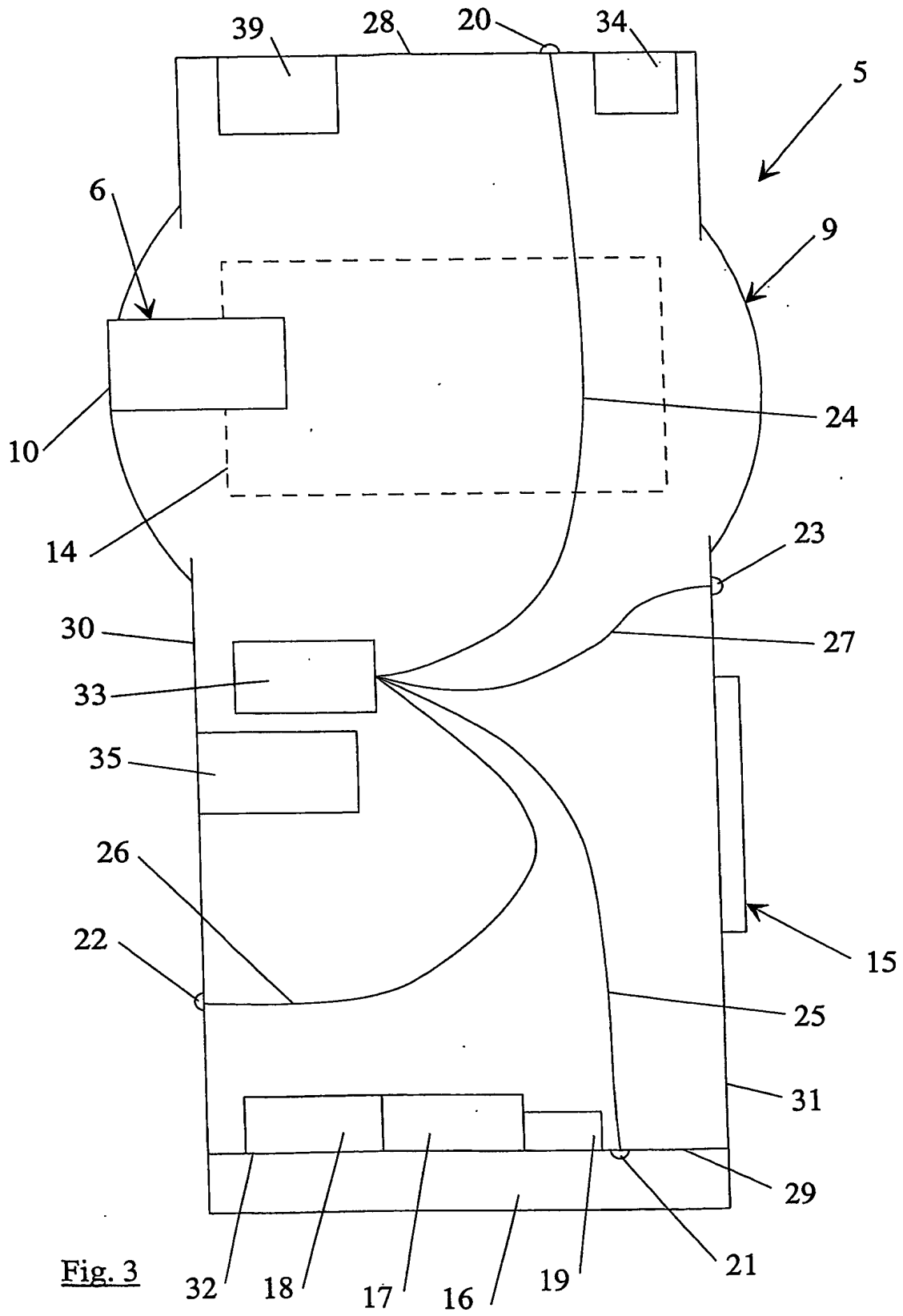


Fig. 3

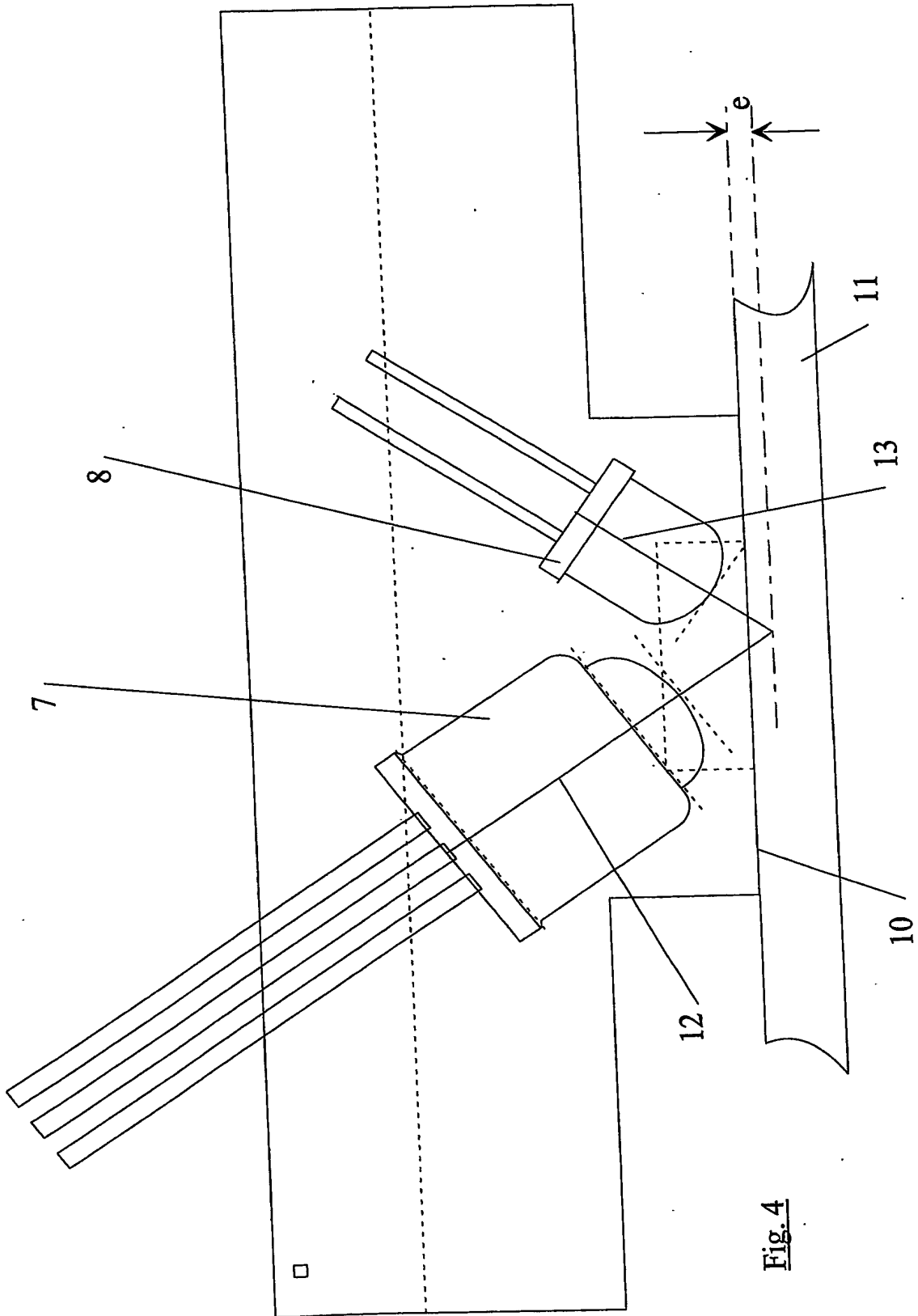


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.